

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

“DISEÑO ESTRUCTURAL DE COLUMNA DE DESTILACIÓN”

POR

JOAQUÍN SÁNCHEZ BECERRA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA
ESTRUCTURAL**

FEBRERO, 2017

Universidad Autónoma De Nuevo León
Facultad De Ingeniería Civil
División Estudios De Posgrado



Tesis

“Diseño Estructural de Columna de Destilación”

Por

Joaquín Sánchez Becerra

*Como requisito parcial para obtener el Grado de Maestría en Ciencias con
Especialidad en Ingeniería Estructural*

Febrero, 2017

INDICE

1. Introducción.	pág. 1
2. Hipótesis aplicables.	pág. 2
3. Cronograma del proceso de diseño.	pág. 3
4. Datos de operación y diseño.	pág. 4
5. Diseño de Columna por presión interior.	pág. 5
6. Diseño de Columna por exterior de seguridad.	pág. 8
7. Cálculo por sismo.	pág. 9
8. Cálculo por viento.	pág. 13
9. Condición crítica de diseño (operación + viento ó sismo).	pág. 14
10. Cálculo de presión de prueba hidrostática.	pág. 15
11. Cálculo de refuerzo por presión exterior de seguridad.	pág. 20
12. Cálculo de placa base y anclajes.	pág. 26
13. Anexos	pág. 29
14. Referencias.	pág. 35
15. Columna de destilación.	pág. 36
16. Plano constructivo	pág. 37

1.- Introducción.

- a).- El presente proyecto de diseño estructural de Columna de Destilación, tiene el objetivo principal de determinar las características y dimensiones de los elementos que la integran basándose en el principio fundamental de la mecánica de materiales para asegurar su correcto funcionamiento y que a la vez sea lo suficientemente seguro para soportar las acciones y efectos a la que estará sometido el equipo durante su vida útil que estimamos no son menos de 25 años.
- b).- El equipo estará ubicado en la zona del Istmo de Tehuantepec, en el Estado de Tlaxcala y operara según las condiciones mostradas en la tabla de datos de diseño incluidos en el plano.
- c).- En el proyecto de diseño del equipo no se incluyó el cálculo de la cimentación por no tener los estudios de mecánica de suelos, del sitio de ubicación de la planta.

d.-) Proyecto:

Análisis y diseño de Columna de Destilación, de acuerdo a los requerimientos del código ASME sección VIII Div. 1 y al Instituto Americano de La Construcción de Acero, AISC.

e).- Antecedentes:

En la medida que la Ingeniería de Proyectos se ha incrementado en nuestro país, se requiere cada vez de un conocimiento más amplio dentro de la diferentes especialidades en las que intervienen, siendo una de las más importantes el Diseño de recipientes a presión interna y/o externa, no sometidos a fuego directo, ya que estas estructuras presentan un amplio panorama, por la intervención que tienen en toda planta industrial, siendo esto primordial para que el Ingeniero Estructurista conozca los diferentes factores esenciales que intervienen en su diseño y consecuentemente en los procesos de fabricación, inspección, montaje y operación.

f).- Objetivos y metas:

En la actualidad toda empresa de proyectos, cualquiera que sea su capacidad no está exenta del diseño de recipientes, ya que estos equipos intervienen en todo tipo de plantas, sea cual fuere su capacidad o tipo de proceso, dentro de las cuales se puede mencionar: La Industria Petrolera, Alimentaria, Química, Cañera, Cervecera, Cafetera, etc

Por tal motivo, la Ingeniería Estructural de Recipientes, no solo es una rama más de la ingeniería, si no que ha llegado a ser una especialidad. En esta especialidad convergen varios conocimientos afines a distintas ramas de la ingeniería como son: Materiales, Corrosión, Sustancias manejadas, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil, Ingeniería Hidráulica, Ingeniería Química, etc. Con esto nos podremos dar cuenta de la importancia que tiene para un proyecto determinado la intervención de personal con conocimientos en el diseño de Recipientes a Presión.

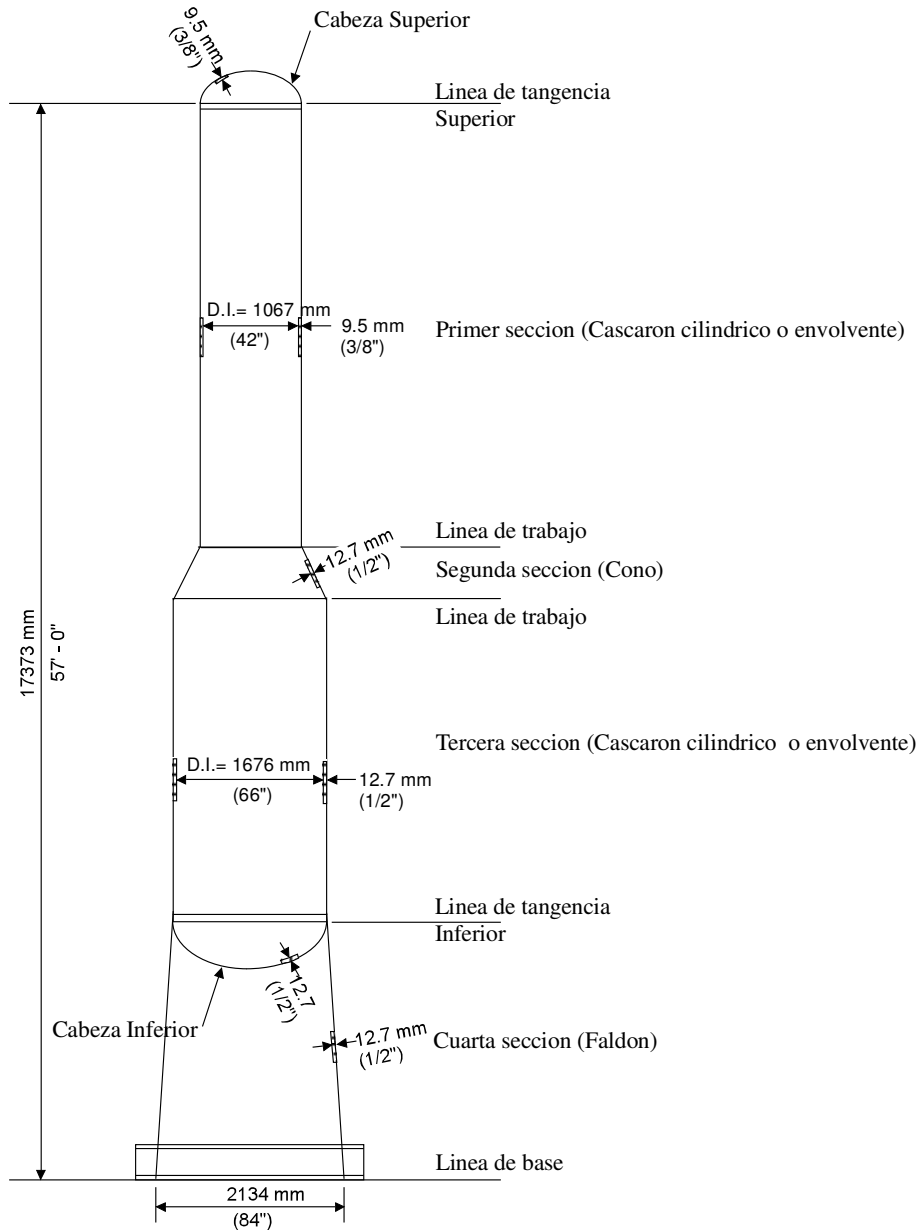
Dada la importancia de los recipientes a presión en una Planta cualquiera que sea su función, su diseño reviste una importancia considerable sobre todo en las partes primordiales del recipiente, tales como: cabeza o tapa, cascarón, cunas, soportes, aros, base, etc., etc.

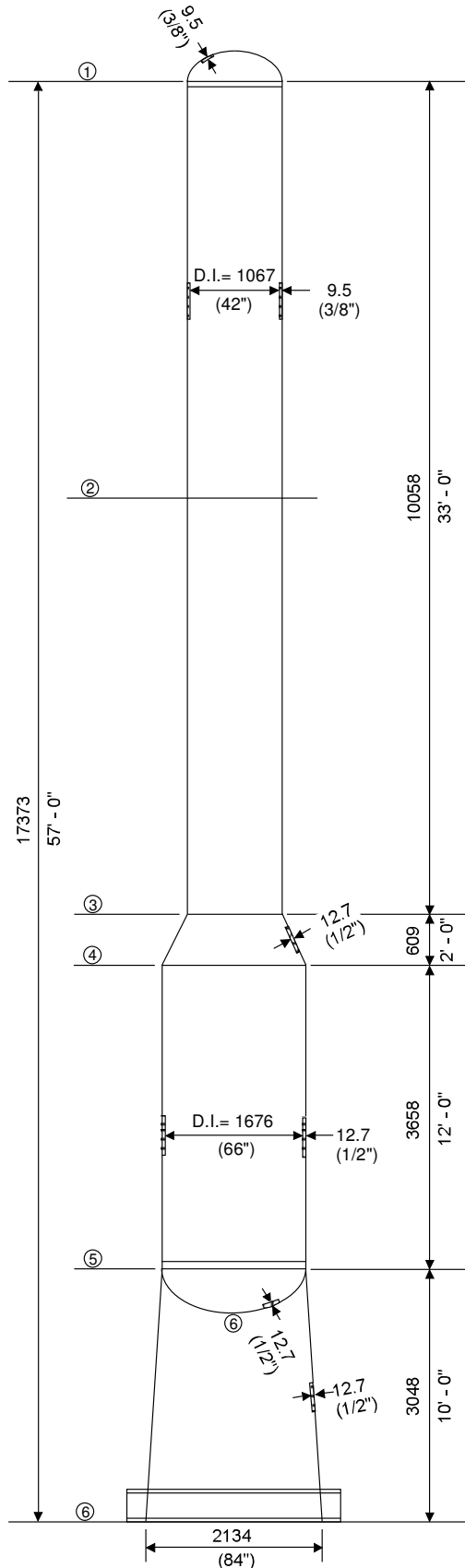
2.-Hipótesis Aplicables.

Los cálculos de estos recipientes se apoyan básicamente en la teoría general de La Resistencia de Materiales, considerando los esfuerzos causados por las presiones tanto internas como externas; fuerzas derivadas de la presión de viento, movimientos telúricos y peso propio, así como: cargas de impacto, fluctuaciones rápidas de presión, del contenido normal del líquido en operación o en condiciones de prueba, esto incluye la presión adicional debido a la carga hidroestática del líquido en las tapas o cabezas (si es vertical), cargas superpuestas debido a otros recipientes, equipo de operación, aislamientos, recubrimientos resistentes a la corrosión o erosión, tuberías, reacciones de las orejas de los soportes, silletas, aros u otros tipos de apoyos, los efectos del gradiente de temperatura sobre la resistencia del material, etc.

Es importante efectuar combinaciones y relaciones entre los factores antes expuestos, con el objeto de desarrollar un diseño apropiado, funcional, estable, económico, de fácil construcción y montaje; y aprovechar lo más posible la capacidad de las empresas nacionales que tengan que ver con la fabricación de los diferentes tipos de equipos.

3.- Cronograma del proceso de diseno.





4.-DATOS DE OPERACION Y DISEÑO.

Temp. Operacion	= 536 °F
Temp. Diseño	= 571 °F
Presion Operacion	= 36 psi
Presion Diseño 36 + 30	= 66 psi
Vacio Absoluto	= 15 psi
Densidad	= 0.9
Corrosion	= 1/8"
Radiografiado	= 100 %
Presion Minima de Prueba Hidraulica	= 1.5 (Presion de Diseño)
Tipo de Fluido:	ALQUIL - FENOL
Material Cuerpo:	SA 516-70
Material Faldon:	SA 283-C
Zona Sismica:	3 UBC
Codigo de Diseno:	ASME SECCION VIII DIV 1

h_1	= 0.88 feet = 267 mm
h_2	= 14.88 feet = 4534 mm
h_3	= 33.88 feet = 10325 mm
h_4	= 35.88 feet = 10934 mm
h_5	= 47.88 feet = 14592 mm
h_6	= 48.75 feet = 14859 mm

5.- Diseño de Columna por presión interior.

$$P = P_o + \gamma h$$

$$P_o = 66 \text{ psi} = 4.64 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Presión de Diseño)}$$

$$\gamma = \text{Peso volumetrico}$$

$$h = \text{Altura}$$

$$P_1 = 4.64 + 0.9 \times 0.0267 = 4.66 \text{ kg/cm}^2 = 66 \text{ psi}$$

$$P_2 = 4.64 + 0.9 \times 0.4534 = 5.05 \text{ kg/cm}^2 = 72 \text{ psi}$$

$$P_3 = 4.64 + 0.9 \times 1.0325 = 5.57 \text{ kg/cm}^2 = 79 \text{ psi}$$

$$P_4 = 4.64 + 0.9 \times 1.0934 = 5.62 \text{ kg/cm}^2 = 80 \text{ psi}$$

$$P_5 = 4.64 + 0.9 \times 1.4592 = 5.95 \text{ kg/cm}^2 = 85 \text{ psi}$$

$$P_6 = 4.64 + 0.9 \times 1.4859 = 5.98 \text{ kg/cm}^2 = 85 \text{ psi}$$

a) Cabeza Superior: Tipo Semi Elíptica 2 : 1

$$t = \frac{P D}{2 S E - 0.2 P}$$

Donde:

$$P = 66 \text{ psi} \text{ (Presión de Diseño)}$$

$$D = 42" + 2 (0.125) = 42.25 \text{ in (Diámetro Interior)}$$

$$S = 17500 \text{ psi} \text{ (Esfuerzo Admisible)}$$

$$E = 100 \% \text{ (Eficiencia de junta)}$$

$$t = \frac{66 \times 42.25}{2 \times 17500 \times 1 - 0.2 \times 66} = \begin{array}{r} 0.080 \text{ in} \\ + 0.125 \text{ Corrosion} \\ \hline 0.205 \text{ in} \end{array}$$

Usar como espesor comercial 5/16" (0.313") 8 mm.

Ya que en párrafo UG-16-b de código ASME nos indican que:

$$t_{\min} = 3/16" + \text{Corrosion} = 3/16" + 1/8" = 5/16"$$

b) Envoltente:

Punto $P_2 = 72$ psi (Presión de Diseño)
 $R = 21.125$ in (Radio Interior)
 $S = 17500$ psi (Esfuerzo Admisible)
 $E = 100\%$ (Eficiencia de Junta)

$$t = \frac{P R}{S E - 0.6 P} = \frac{72 \times 21.125}{17500 \times 1 - 0.6 \times 72} = \frac{0.087 \text{ in}}{+ 0.125 \text{ Corrosion}} = 0.212 \text{ in}$$

Usar espesor comercial 5/16" (0.313") 8 mm

Punto $P_3 = 79$ psi
 $R = 21.125$ in
 $S = 17500$ psi
 $E = 100\%$

$$t = \frac{P R}{S E - 0.6 P} = \frac{79 \times 21.125}{17500 \times 1 - 0.6 \times 79} = \frac{0.096 \text{ in}}{+ 0.125 \text{ Corrosion}} = 0.221 \text{ in}$$

Usar espesor comercial 5/16" (0.313") 8 mm

Punto $P_5 = 85$ psi
 $R = 33.125$ in
 $S = 17500$ psi
 $E = 100\%$

$$t = \frac{P R}{S E - 0.6 P} = \frac{85 \times 33.125}{17500 \times 1 - 0.6 \times 85} = \frac{0.161 \text{ in}}{+ 0.125 \text{ Corrosion}} = 0.286 \text{ in}$$

Usar espesor comercial 5/16" (0.313") 8 mm

c) Cabeza Inferior:

$$t = \frac{P D}{2 S E - 0.2 P}$$

$P = P_6 = 85 \text{ psi}$ (Presion de Diseño)

$D = 66 + 2 (0.125) = 66.25 \text{ in}$ (Diametro Interior)

$S = 17500 \text{ psi}$ (Esfuerzo Admisible)

$E = 100 \%$ (Eficiencia de Junta)

$$t = \frac{85 \times 66.25}{2 \times 17500 \times 1 - 0.2 \times 85} = \frac{0.161 \text{ in}}{+ \frac{0.125}{0.286} \text{ Corrosion}}$$

Usar espesor comercial 5/16" (0.313") 8 mm

d) Calculo del Cono por Presion Interior:

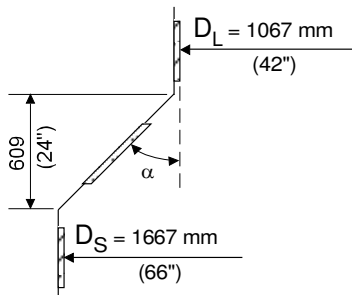
Temp. de operacion = 536 °F

Presion de operacion = 36 psi

Corrosion = 0.125 in

Temp. de diseño = 571 °F

Presion de diseño = 80 psi y Vacio Total



$$\tan \alpha = \frac{\left(\frac{1676 - 1067}{2} \right)}{609} = 0.5 \quad \therefore \alpha = 26.6^\circ < 30^\circ$$

\therefore No es necesaria la transicion (Toricono)

Material S A - 516 - 70 { $S = 17500 \text{ psi}$ (Esfuerzo Admisible)

$$t = \frac{P D}{2 \cos \alpha (S E - 0.6 P)}$$

Donde :

$P = 80 \text{ psi}$ (Presion de Diseño)

$D = 66 + 2 (0.125) = 66.25 \text{ in}$ (Diam. Interior)

$\alpha = 26.6^\circ$

$S = 17500 \text{ psi}$ (Esfuerzo Admisible)

$$t = \frac{80 \times 66.25}{2 \cos 26.6^\circ (17500 \times 1 - 0.6 \times 80)} = \frac{0.170 \text{ in}}{+ \frac{0.125}{0.295} \text{ Corrosion}}$$

Usar espesor comercial 5/16" (0.313") 8 mm

6.- Diseño de Columna por presión exterior de seguridad.

Análisis del cono.

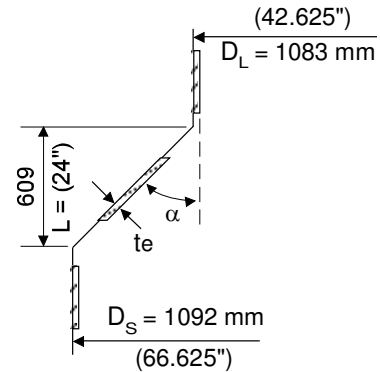
$$D_L = 66 + 2 \left(\frac{5}{16} \right) = 66.625 \text{ in}$$

$$D_S = 42 + 2 \left(\frac{5}{16} \right) = 42.625 \text{ in}$$

$$L = 24 \text{ in}$$

$$t_e = t \cos \alpha = (0.313 - 0.125) \cos 26.6^\circ = 0.168 \text{ in}$$

$$P = 15 \text{ psi} \quad (\text{Presión Exterior de Seguridad} = 1 \text{ kg/cm}^2)$$



Para este caso se seguirá el procedimiento para conos con $\alpha < 60^\circ$

a) Determinar el valor de :

$$\frac{D_L}{t_e} = \frac{66.625}{0.168} = 397 > 10$$

$$L_e = \frac{L}{2} \left(1 + \frac{D_S}{D_L} \right) = \frac{24}{2} \left(1 + \frac{42.625}{66.625} \right) = 19.68$$

b) Con: $\frac{D_L}{t_e} = 397$ y $\frac{L_e}{D_L} = \frac{19.68}{66.625} = 0.30$

En grafica UGO - 28.0 $A = 0.0004$

c) Con el valor de A, de la tabla UCS - 28.2 se localiza $B = 6000 \text{ psi}$
Sustituyendo estos valores en la formula:

$$P_a = \frac{4 B}{3 \left(\frac{D_L}{t_e} \right)} \quad (\text{Presión exterior admisible})$$

$$= \frac{4 \times 6000}{3 \times 397} = 20 \text{ psi} \quad (\text{Presión exterior admisible})$$

$$P_a = 20 \text{ psi} > 15 \text{ psi} \quad (\text{Presión Exterior Actante})$$

Por lo tanto el espesor del cono es el adecuado para soportar la presión exterior.

7.-Calculo por Sismo :

a) En condicion de servicio.

Calculo del peso de la torre:

$$\begin{aligned}
 \text{Envolvente}_1 &: 1.075 \pi (10.058) (9.5) (7.85) = 2533 \text{ kg} \\
 \text{Cabeza Sup.} &: 1.09 (1.086)^2 (9.5) (7.85) = 96 \text{ kg} \\
 \text{Cono} &: 1.38 \pi (0.7) (9.5) (7.85) = 226 \text{ kg} \\
 \text{Envolvente}_2 &: 1.684 \pi (3.658) (9.5) (7.85) = 1443 \text{ kg} \\
 \text{Cabeza Inf.} &: 1.09 (1.692)^2 (9.5) (7.85) = 233 \text{ kg} \\
 \text{Faldon} &: 1.905 \pi (3.048) (13) (7.85) = 1862 \text{ kg} \\
 \text{Peso}_1 &= 6393 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Peso de aros de soporte de platos} = 640 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de platos} : 40 \times 18 = 720 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de anillos de rigidez} = 60 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de accesorios} = 1000 \text{ kg}$$

$$\text{Peso}_2 = 2420 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del producto} = \pi (1.067) (10.058) (0.9) = 30,344 \text{ kg}$$

$$\pi (1.676) (3.658) (0.9) = 17,334 \text{ kg}$$

$$(159) (0.9) = 143 \text{ kg}$$

$$(617) (0.9) = 555 \text{ kg}$$

$$\text{Peso}_3 = 48,376 \text{ kg}$$

$$\text{Peso Total Servicio} = 6393 + 2420 + 48376 = 57189 \text{ kg} = 126000 \text{ lb.}$$

$$\text{Volumen} = 33.7 + 19.3 + 0.16 + 0.62 = 53.8 \text{ m}^3$$

Datos :

Zona Sismica 3 UBC

$$D_1 = 42.625 \text{ in} = 3.55 \text{ ft.}$$

$$D_2 = 66.625 \text{ in} = 5.55 \text{ ft.}$$

$$D_3 = 85 \text{ in} = 7.08 \text{ ft.}$$

$$H = 57 \text{ ft.}$$

$$t = 0.313 \text{ in}$$

$$W = 57,189 \text{ kg} = 125,966 \text{ Lb. (Peso Total)}$$

Para determinar el coeficiente sismico C primero debe ser calculado el periodo de vibracion:

$$T = 0.0000265 \left(\frac{H}{D} \right)^2 \sqrt{\frac{w D}{t}}$$

$$w = \frac{\text{Peso Total}}{H} = \frac{125966}{57} = 2209 \text{ lb/ft}$$

$$T = 0.0000265 \left(\frac{57}{5.55} \right)^2 \sqrt{\frac{2209 \times 5.55}{0.313}} = 0.55 \text{ segundos}$$

$$C = \frac{0.08}{T} = \frac{0.08}{0.55} = 0.15$$

Tomaremos $C = 0.2$ Coeficiente Sismico Para Diseño

$$T_a = 0.8 \sqrt{\frac{W H}{V g}} \quad \text{Periodo Maximo permisible en Torres}$$

Donde: W = Peso total (lb)
 H = Altura Total incluyendo Faldon (ft)
 V = Cortante total en (lb)
 g = Gravedad (ft/s²)

Calculo de momentos :

$$M = \frac{C W x^2 (3 H - x)}{3 H^2}$$

Donde :
 C = Coeficiente Sismico
 W = Peso Total (lb)
 x = Altura desde tangente superior a seccion bajo consideracion (ft)
 H = Altura Total incluyendo faldon (ft)
 Rm = Radio medio (in)

$$M_{(2)} = \frac{0.2 (126000) (14)^2 [3 (57) - 14]}{3 (57)^2} = 79,558 \text{ fts - Lbs}$$

C = 0.2
 W = 126,000 Lbs
 x = 14 fts
 H = 57 fts
 Rm = 21.19 in

$$M_{(3)} = \frac{0.2 (126,000) (33)^2 [3 (57) - 33]}{3 (57)^2} = 388,540 \text{ fts - Lbs}$$

C = 0.2
 W = 126,000 Lbs
 x = 33 fts
 H = 57 fts
 Rm = 21.19 in

$$M_{(4)} = \frac{0.2 (126,000) (35)^2 [3 (57) - 35]}{3 (57)^2} = 430,729 \text{ fts - Lbs}$$

C = 0.2
 W = 126,000 Lbs
 x = 35 fts
 H = 57 fts
 Rm = 33.19 in

$$M_{(5)} = \frac{0.2 (126,000) (47)^2 [3 (57) - 47]}{3 (57)^2} = 708,000 \text{ fts - Lbs}$$

C = 0.2
 W = 126000 Lbs
 x = 47 fts
 H = 57 fts
 Rm = 33.19 in

$$M_{(6)} = \frac{0.2 (126,000) (57)^2 [3 (57) - 57]}{3 (57)^2} = 957,600 \text{ fts - Lbs}$$

C = 0.2
 W = 126000 Lbs
 x = 57 fts
 H = 57 fts
 Rm = 42.25 in

RESUMEN:

$M_{(2)} =$	79,558 fts - Lbs	$Rm = 21.19 \text{ in}$
$M_{(3)} =$	388,540 fts - Lbs	$Rm = 21.19 \text{ in}$
$M_{(4)} =$	430,729 fts - Lbs	$Rm = 33.19 \text{ in}$
$M_{(5)} =$	708,000 fts - Lbs	$Rm = 33.19 \text{ in}$
$M_{(6)} =$	957,600 fts - Lbs	$Rm = 42.25 \text{ in}$

Calculo de espesores requeridos en Envolverte por Sismo:

a) Envolverte : Material ACERO SA 516-70

$$t = \frac{12 M}{(R_m)^2 \pi S E}$$

Donde: M = Momento
R_m = Radio medio
S = Esfuerzo Admisible
E = Eficiencia junta

$$t_2 = \frac{12 \times 79,558}{(21.19)^2 \pi (17,500) (1)} = 0.04 \text{ in}$$

$$t_3 = \frac{12 \times 388,540}{(21.19)^2 \pi (17,500) (1)} = 0.19 \text{ in}$$

$$t_4 = \frac{12 \times 430,729}{(33.19)^2 \pi (17,500) (1)} = 0.09 \text{ in}$$

$$t_5 = \frac{12 \times 708,000}{(33.19)^2 \pi (17,500) (1)} = 0.14 \text{ in}$$

b) Faldon : Material ACERO SA 283 - C

$$S = 0.6 \sigma_y = 0.6 \times 30,000 = 18,000 \text{ psi}$$

Para Sismo :

$$t = \frac{12 M}{(R_m)^2 \pi S E}$$

Donde: M = Momento
R_m = Radio medio
S = Esfuerzo Admisible = 18,000 psi
E = Eficiencia junta = 60 %

$$t_6 = \frac{12 \times 708,000}{(33.19)^2 \pi (18,000) (0.6)} = 0.23 \text{ in}$$

Para peso V Total de equipo :

$$t = \frac{W}{\pi D S E}$$

Donde: W = Peso total
D = Diametro medio
S = Esfuerzo Admisible = 18,000 psi
E = Eficiencia junta = 60 %

$$t_6 = \frac{126,000}{\pi (75.44) (18,000) (0.6)} = 0.05 \text{ in}$$

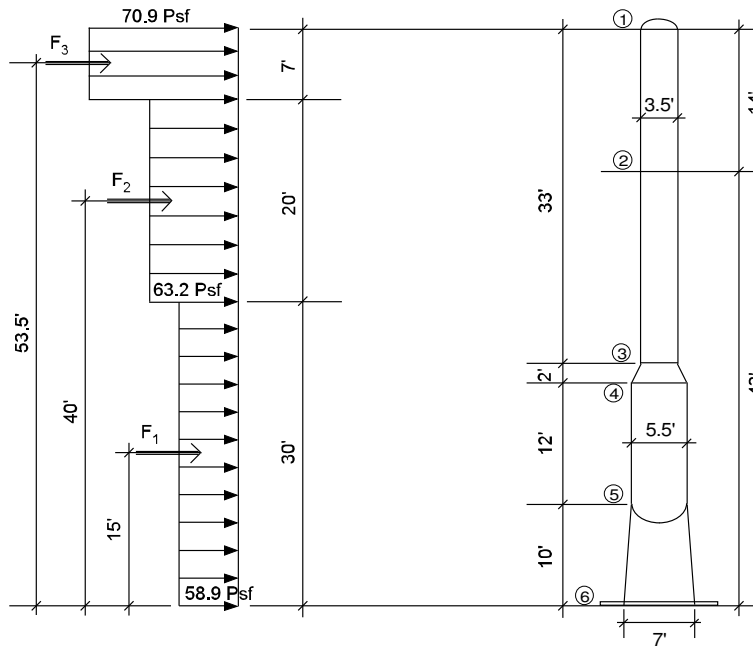
$$\begin{aligned} \text{Espesor requerido en Faldon: } t &= 0.23 + 0.05 = 0.280 \text{ in} \\ &+ \text{Corrosion} = 0.125 \text{ in} \\ t &= 0.405 \text{ in} < t_{\min} = 1/2" = 12.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

8.-Cálculo por viento : (Tanque Vacío)

Velocidad Básica de Viento $V_B = 170 \text{ km/hr}$

Presión de viento :

(30 Ft)	0 - 10 mts. de altura	=	288 kg/m^2	=	58.9 psf
(50 Ft)	10 - 15 mts. de altura	=	309 kg/m^2	=	63.2 psf
(100 Ft)	15 - 30 mts. de altura	=	346 kg/m^2	=	70.9 psf



$$\begin{aligned}
 M_{(2)} & \begin{cases} P_1 = 70.9 \times 3.5 = 248 \text{ Lbs/ft} \times 7 = 1737 \text{ Lbs} & x = 10.5 \text{ ft} \\ P_2 = 63.2 \times 3.5 = 221.2 \text{ Lbs/ft} \times 7 = 1548 \text{ Lbs} & x = 3.5 \text{ ft} \end{cases} \\
 M_{(3)} & \begin{cases} P_3 = 70.9 \times 3.5 = 248 \text{ Lbs/ft} \times 7 = 1737 \text{ Lbs} & x = 29.5 \text{ ft} \\ P_4 = 63.2 \times 3.5 = 221.2 \text{ Lbs/ft} \times 20 = 4424 \text{ Lbs} & x = 16 \text{ ft} \\ P_5 = 58.9 \times 3.5 = 206.15 \text{ Lbs/ft} \times 6 = 1237 \text{ Lbs} & x = 3 \end{cases} \\
 M_{(5)} & \begin{cases} P_6 = 70.9 \times 3.5 = 248 \text{ Lbs/ft} \times 7 = 1737 \text{ Lbs} & x = 43.5 \text{ ft} \\ P_7 = 63.2 \times 3.5 = 221.2 \text{ Lbs/ft} \times 20 = 4924 \text{ Lbs} & x = 30 \text{ ft} \\ P_8 = 58.9 \times 3.5 = 206.15 \text{ Lbs/ft} \times 6 = 1237 \text{ Lbs} & x = 17 \text{ ft} \\ P_9 = 58.9 \times 4.5 = 265.05 \text{ Lbs/ft} \times 2 = 530 \text{ Lbs} & x = 13 \text{ ft} \\ P_{10} = 58.9 \times 5.5 = 323.95 \text{ Lbs/ft} \times 12 = 3887 \text{ Lbs} & x = 6 \text{ ft} \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$M_{(2)} = 1737 \times 10.5 + 1548 \times 3.5 = 23,657 \text{ ft-lbs}$$

$$M_{(3)} = 1737 \times 29.5 + 4424 \times 16 + 1237 \times 3 = 125,737 \text{ ft-lbs}$$

$$M_{(5)} = 1737 \times 43.5 + 4424 \times 30 + 1237 \times 17 + 530 \times 13 + 3887 \times 6 = 259,521 \text{ ft-lbs}$$

9.-Condición crítica de diseño (operación + viento ó sismo)

Envolvente espesores requeridos debido a viento:

$$t = \frac{12 M}{(R_m)^2 \pi S E}$$

Donde: M = Momento
R_m = Radio medio
S = Esfuerzo Admisible
E = Eficiencia junta

$$t_2 = \frac{12 \times 23,657}{(21.19)^2 \pi (17,500) (1)} = 0.01 \text{ in}$$

$$t_4 = \frac{12 \times 125,737}{(33.19)^2 \pi (17,500) (1)} = 0.06 \text{ in}$$

$$t_5 = \frac{12 \times 259,521}{(33.19)^2 \pi (17,500) (1)} = 0.05 \text{ in}$$

RESUMEN ENVOLVENTE:

a).- Espesor minimo requerido para Presion Interna:

$$t_{\min} = \frac{P R}{S E - 0.6 P}$$

$$t_2 = \frac{72 \times 21.125}{(17,500) (1) - 0.6 \times 72} = 0.087 \text{ in}$$

+ 0.125 in Corrosion
0.212 in

$$t_3 = \frac{79 \times 21.125}{(17,500) (1) - 0.6 \times 79} = 0.096 \text{ in}$$

+ 0.125 in Corrosion
0.221 in

$$t_5 = \frac{85 \times 33.125}{(17,500) (1) - 0.6 \times 85} = 0.161 \text{ in}$$

+ 0.125 in Corrosion
0.286 in

b).- Espesor requerido minimo por sismo:

$$t_2 = 0.04 \text{ in}$$

$$t_3 = 0.19 \text{ in}$$

$$t_4 = 0.09 \text{ in}$$

$$t_5 = 0.14 \text{ in}$$

c).- Espesor Total Requerido: Presion Interna + Sismo

$$t_2 = 0.212 + 0.04 = 0.252 \text{ in} \quad \text{Comercial } 5/16" = 0.3125 \text{ in} < 3/8" = 0.375 \text{ in} \text{ Existente}$$

$$t_3 = 0.221 + 0.19 = 0.391 \text{ in} \quad \text{Comercial } 7/16" = 0.4375 \text{ in} < 1/2" = 0.50 \text{ in} \text{ Existente}$$

$$t_5 = 0.286 + 0.14 = 0.426 \text{ in} \quad \text{Comercial } 7/16" = 0.4375 \text{ in} < 1/2" = 0.50 \text{ in} \text{ Existente}$$

d).- Espesor total requerido: Presión interna + viento + C.A.

$$t_2 = 0.087 + 0.01 + 0.125 = 0.222 \text{ in comercial } 5/16 < 3/8 = 0.375 \text{ in existente}$$

$$t_2 = 0.161 + 0.06 + 0.125 = 0.346 \text{ in comercial } 5/8 < 1/2 = 0.5 \text{ in existente}$$

$$t_2 = 0.161 + 0.06 + 0.125 = 0.346 \text{ in comercial } 3/8 < 1/2 = 0.5 \text{ in existente}$$

10.-Cálculo de la presión de prueba hidrostática:

$$S = 17500 \text{ psi} \quad A = 650 \text{ °F}$$

$$S_1 = 17500 \text{ psi} \quad \text{A la temperatura de prueba } \simeq \text{ a la temperatura ambiente}$$

∴ la relación de esfuerzos es 1

a) Cascarón (Parte Superior)

$$t = 3/8" = 0.375 \text{ in (Espesor del cascarón nuevo)}$$

$$R = 21 \text{ in}$$

$$E = 1.0$$

$$P_p = 1.5 \left[\frac{S E t}{R + 0.6 t} \right] = 1.5 \left[\frac{17500 \times 1 \times 0.375}{21 + 0.6 \times 0.375} \right] = 464 \text{ psi}$$

b) Cascarón (Parte Inferior)

$$t = 1/2" = 0.5 \text{ in Espesor del cascarón nuevo}$$

$$R = 33 \text{ in}$$

$$E = 1.0$$

$$P_p = 1.5 \left[\frac{S E t}{R + 0.6 t} \right] = 1.5 \left[\frac{17500 \times 1 \times 0.5}{33 + 0.6 \times 0.5} \right] = 394 \text{ psi}$$

$$\text{Para cascarón rige } P_p = 394 \text{ psi}$$

$$\text{y se indica } P_p = 118.5 \text{ psi} < 394 \text{ psi}$$

c) Cabezas:

$$\text{Cabeza Superior } P_p = 1.5 \left[\frac{2 S E t}{D + 0.2 t} \right] = 1.5 \left[\frac{2 \times 17500 \times 1 \times 0.375}{42 + 0.2 \times 0.375} \right]$$

$$P_p = 468 \text{ psi}$$

$$\text{Cabeza Inferior } P_p = 1.5 \left[\frac{2 S E t}{D + 0.2 t} \right] = 1.5 \left[\frac{2 \times 17500 \times 1 \times 0.5}{66 + 0.2 \times 0.5} \right]$$

$$P_p = 397 \text{ psi}$$

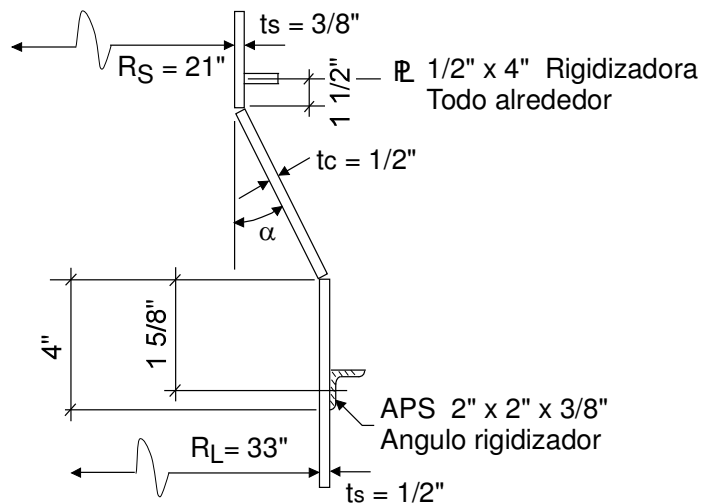
$$\text{Rige } P_p = 397 \text{ psi} > 127.5 \text{ psi} \quad \text{Cabeza Inferior}$$

d) Cono:

$$P_p = 1.5 \left[\frac{2 S E t \cos \alpha}{D + 1.2 t \cos \alpha} \right]$$

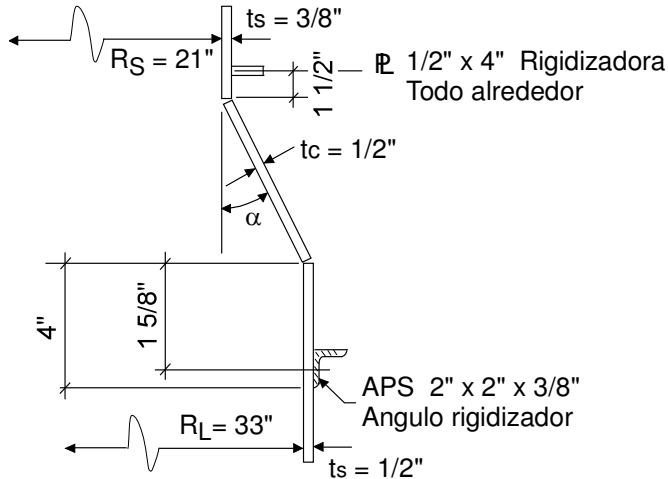
$$P_p = 1.5 \left[\frac{2 \times 17500 \times 1 \times 0.5 \cos 26.6^\circ}{66 + 1.2 \times 0.5 \cos 26.6^\circ} \right] = 352 \text{ psi}$$

$$P_p = 352 \text{ psi} > 120 \text{ psi}$$



∴ La Presion de Prueba Hidraulica sera $P_p = 127.5 \text{ psi}$

Calculo de refuerzo en la union cono a cilindro.



Datos de diseño:

$$\alpha = 26.6^\circ$$

$$E = \text{Eficiencia Junta} = 1$$

$$P = \text{Presion interna} = 80 \text{ psi}$$

$$R_L = \text{Radio int. cilindro largo} = 33 \text{ in}$$

$$R_S = \text{Radio int. cilindro corto} = 21 \text{ in}$$

$$S = \text{Esfuerzo permisible} = 17500 \text{ psi}$$

$$t = 0.3125 \text{ Esp. req. minimo cilindro corto}$$

$$t = 0.426 \text{ Esp. req. minimo cilindro largo}$$

$$t_c = 0.5 \text{ Esp. actual de cono}$$

$$t_s = 0.375 \text{ Esp. actual cilindro corto}$$

$$t_s = 0.5 \text{ Esp. actual cilindro largo}$$

Union al cilindro largo :

$$\frac{P}{S E} = \frac{80}{17500 \times 1} = 0.00457 \quad \longrightarrow \quad \Delta = 22.14^\circ \quad \text{Interpolando tabla C}$$

$$\Delta = 22.14^\circ < \alpha = 26.6^\circ \quad \therefore \quad \text{Requiere reforzar el cono}$$

$$A_{\text{req.}} = \frac{P R_L^2}{2 S E} \left(1 - \frac{\Delta}{\alpha} \right) \tan \alpha$$

$$A_{\text{req.}} = \frac{80 (33)^2}{2 \times 17500 \times 1} \left(1 - \frac{22.14^\circ}{26.6^\circ} \right) \tan 26.6^\circ = 0.21 \text{ in}^2$$

Area de exceso disponible como refuerzo:

$$A_e = 4 t_e \sqrt{R_L t_s}$$

$$t_e = \text{El menor de } (t_s - t) = 0.5 - 0.426 = 0.074 \text{ in}$$

$$\text{o' } t_c - \frac{t}{\cos \alpha} = 0.5 - \frac{0.426}{\cos 26.6^\circ} = 0.023 \text{ in}$$

$$\therefore t_e = 0.023 \text{ in}$$

$$A_e = 4 \times 0.023 \sqrt{33 \times 0.5} = 0.37 \text{ in}^2 \quad (\text{Area disponible como refuerzo})$$

Restando el area disponible al area requerida de refuerzo.

$$A_{\text{disponible}} - A_{\text{req}} = 0.37 - 0.21 = 0.16$$

- ∴ No requiere de anillo de refuerzo de compresion, pero por seguridad se le colocara un angulo de 2" x 2" x 3/8" con $A = 1.36 \text{ in}^2$

Localizacion del anillo de compresion :

$$\text{Max. distancia de la union} = \sqrt{R_L t_s} = \sqrt{33 \times 0.5} = 4.06 \text{ in}$$

$$\text{Max. distancia del centroide a la union} = 0.5 \sqrt{R_L t_s} = 2.03 \text{ in}$$

Se colocara Aps 2" x 2" x 3/8" a una distancia de 4" de la union.

Union al cilindro corto:

$$\frac{P}{S E} = \frac{79}{17500 \times 1} = 0.00451 \longrightarrow \Delta = 5.67^\circ \quad \text{Interpolando tabla C}$$

$$\Delta = 5.67^\circ < \alpha = 26.6^\circ \quad \therefore \text{Se requiere reforzar el cono}$$

$$A_{\text{req.}} = \frac{P R_s^2}{2 S E} \left(1 - \frac{\Delta}{\alpha} \right) \tan \alpha$$

$$A_{\text{req.}} = \frac{79 (21)^2}{2 \times 17500 \times 1} \left(1 - \frac{5.67^\circ}{26.6^\circ} \right) \tan 26.6^\circ = 0.39 \text{ in}^2$$

Area de exceso disponible como refuerzo.

$$A_e = m \sqrt{R_s t} \left[\left(t_c - \frac{t}{\cos \alpha} \right) + (t_s - t) \right]$$

$$m = \text{El menor valor de : } \frac{t_s}{t} \cos (\alpha - \Delta) = \frac{0.375}{0.3125} \cos (26.6 - 5.67) = 1.1208 \text{ in}$$

$$\text{o' } \frac{t_c \cos \alpha \cos (\alpha - \Delta)}{t} = \frac{0.5 \cos 26.6 \cos (26.6 - 5.67)}{0.3125} = 1.336 \text{ in}$$

$$\therefore m = 1.1208$$

$$A_e = 1.1208 \sqrt{21 \times 0.3125} \left[\left(0.5 - \frac{0.3125}{\cos 26.6} \right) + (0.375 - 0.3125) \right] = 0.61 \text{ in}^2$$

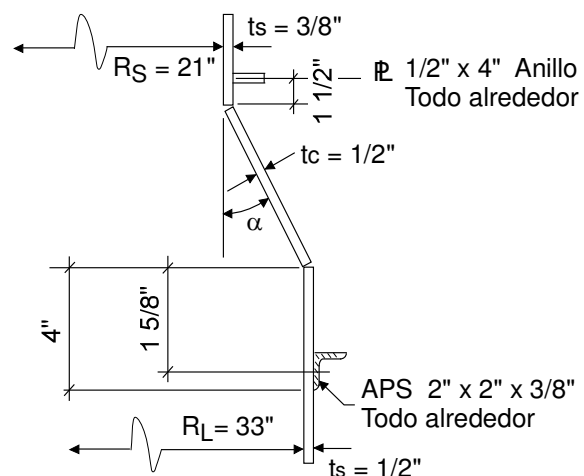
$$\text{Area disponible - Area requerida} = 0.61 - 0.39 = 0.22 \text{ in}^2$$

\therefore No requiere refuerzo, pero por seguridad se colocara un anillo de: $1/2" \times 4" = 2 \text{ in}^2$

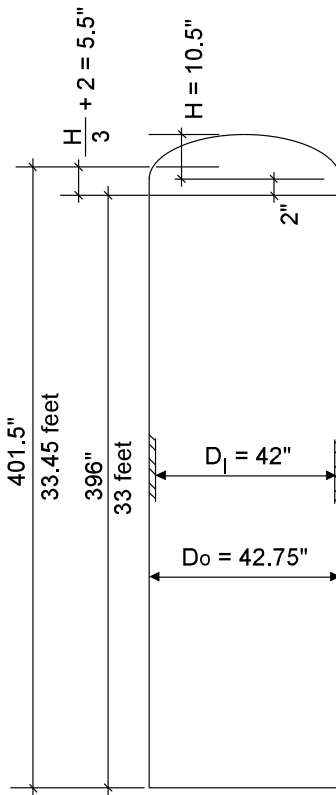
Localizacion:

$$\text{Distancia minima de la union} = \sqrt{R_s t_s} = \sqrt{21 \times 0.375} = 2.81 \text{ in}$$

$$\text{Distancia minima de la union al centroide} = 0.5 \sqrt{R_s t_s} = 1.4 \text{ in}$$



11.-Cálculo de refuerzo por presión exterior de seguridad.



Envolvente:

a) Sección Superior

(UG - 28)

Nomenclatura:

P = Presión de diseño externa = 15 psi

P_a = Presión de trabajo admisible $P_a = \frac{2 A E}{3 \left(\frac{D_o}{t} \right)}$

D_o = Diámetro exterior = 42.75 in

L = Longitud entre tangentes = 401.50 in

t = Espesor de pared = 0.375 - 0.125 = 0.25 in

E = Módulo de elasticidad = 24'500,000 psi

$$\left. \begin{array}{l} \frac{L}{D_o} = \frac{401.5}{42.75} = 9.39 \\ \frac{D_o}{t} = \frac{42.75}{0.25} = 171 > 10 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Fig. UGO 28.0} \\ A = 0.000055 \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Fig. UCS 28.2} \\ B = \infty \end{array} \right\}$$

Como el valor de A se encuentra a la izquierda de la grafica UCS 28.2 se considera:

$$P_a = \frac{2 A E}{3 \left(\frac{D_o}{t} \right)} = \frac{2 \times 0.000055 \times 24'500,000}{3 \left(\frac{42.75}{0.25} \right)} = 5.25 \text{ psi}$$

$$P_a = 5.25 \text{ psi} < 15 \text{ psi} \quad \therefore \text{ Se requieren anillos rigidizadores}$$

Consideraremos 2 anillos rigidizadores igualmente espaciados entre la linea de tangencia de la cabeza superior y la union al cono.

$$L = \frac{396''}{3} = 132'' + 5.5'' = 137.5 \text{ in}$$

$$L = 137.5 \text{ in}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{L}{D_o} = \frac{137.5}{42.75} = 3.22 \\ \frac{D_o}{t} = \frac{42.75}{0.25} = 171 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Fig. UGO 28.0} \\ A = 0.00018 \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Fig. UCS 28.2} \\ B = 2000 \end{array} \right\}$$

$$P_a = \frac{4 B}{3 \left(\frac{D_o}{t} \right)} = \frac{4 \times 2000}{3 \times 171} = 15.6 \text{ psi} > 15 \text{ psi}$$

$$P_a = \frac{2 A E}{3 \left(\frac{D_o}{t} \right)} = \frac{2 \times 0.00018 \times 24'500,000}{3 \times 171} = 17.2 \text{ psi} > 15 \text{ psi}$$

$$P_a > P \quad \therefore \text{ Con 2 anillos rigidizantes es suficiente para evitar el pandeo por la presion exterior de seguridad.}$$

Calculo de anillo rigidizador :

Proponemos un Perfil APS 4 x 4 x 3/8" : $A_s = 2.86 \text{ in}^2$
 $I_x = 4.36 \text{ in}^4$

$$L_s = 138 \text{ in}$$

$$B = \frac{3}{4} \left[\frac{P D_o}{\left(t + \frac{A_s}{L_s} \right)} \right]$$

$$B = \frac{3}{4} \left[\frac{15 \times 42.75}{\left(0.25 + \frac{2.86}{138} \right)} \right] = 1776 < 2500 \quad \xrightarrow{\text{Entonces}} \quad A = \frac{2 B}{E}$$

$$A = \frac{2 \times 1776}{24'500,000} = 0.000145$$

El momento de inercia requerido es :

$$I_s = \frac{\left[D_o^2 L_s \left(t + \frac{A_s}{L_s} \right) A \right]}{14} = \frac{\left[(42.75)^2 (138) \left(0.25 + \frac{2.86}{138} \right) 0.000145 \right]}{14}$$

$$I_s = 0.71 \text{ in}^4$$

$$I = 4.36 \text{ in}^4 \gg I_s = 0.71 \text{ in}^4 \quad \text{Esta muy sobrado el rigidizador}$$

Probando APS 3" x 3" x 3/8" $A = 2.11 \text{ in}^2$
 $I = 1.75 \text{ in}^4$

$$L_s = 138 \text{ in}$$

$$B = \frac{3}{4} \left[\frac{15 \times 42.75}{\left(0.25 + \frac{2.11}{138} \right)} \right] = 1812 < 2500 \quad \xrightarrow{\text{Entonces}} \quad A = \frac{2 B}{E}$$

$$A = \frac{2 \times 1812}{24'500,000} = 0.000148$$

El momento de inercia requerido es :

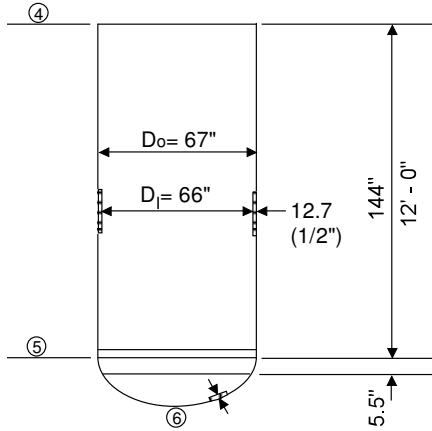
$$I_s = \frac{\left[(42.75)^2 (138) \left(0.25 + \frac{2.11}{138} \right) 0.000148 \right]}{14} = 0.71 \text{ in}^4$$

∴ Colocar APS 3" x 3" x 3/8" a los tercios de la altura de la Envolvente Superior.

Envolvente :

b) Inferior.

Nomenclatura:



$$P = 15 \text{ psi}$$

$$D_o = 67 \text{ in}$$

$$L = \text{Longitud entre tangentes} = 144" + 5.5" = 149.5 \text{ in}$$

$$t = 0.5 - 0.125 = 0.375 \text{ in}$$

$$E = 24'500,000 \text{ psi}$$

$$\frac{L}{D_o} = \frac{149.5}{67} = 2.23$$

$$\frac{D_o}{t} = \frac{67}{0.375} = 179$$

Fig. UGO 28.0

$$A = 0.00024$$

Fig. UCS 28.2

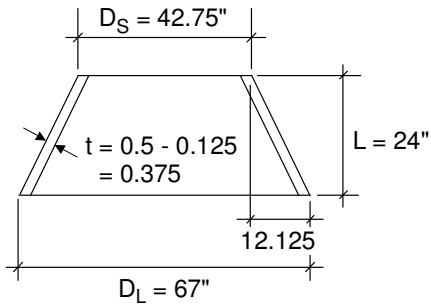
$$B = 2500$$

$$P_a = \frac{4 B}{3 \left(\frac{D_o}{t} \right)} = \frac{4 \times 2500}{3 \times 179} = 18.7 \text{ psi} > P = 15 \text{ psi}$$

$$P_a = \frac{2 A E}{3 \left(\frac{D_o}{t} \right)} = \frac{2 \times 0.00024 \times 24'500,000}{3 \times 179} = 21.9 \text{ psi} > 15 \text{ psi}$$

$P_a > P$ Aunque no requiere aros atiesadores se le colocara por seguridad un aro de refuerzo de 3" x 3" x 3/8" a la mitad de la altura.

Seccion Conica:



Nomenclatura:

$$D_L = 67 \text{ in}$$

$$D_S = 42.75 \text{ in}$$

$$\alpha = 26.6^\circ$$

$$L = 24 \text{ in}$$

$$t_e = \text{espesor efectivo} = t \cos \alpha = 0.335 \text{ in}$$

$$L_e = \text{Longitud equivalente} = \frac{L}{2} \left(1 + \frac{D_S}{D_L} \right)$$

seccion conica

$$L_e = \frac{24}{2} \left(1 + \frac{42.75}{67} \right) = 19.657 \text{ in}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{L_e}{D_L} = \frac{19.657}{67} = 0.293 \\ \frac{D_L}{t_e} = \frac{67}{0.335} = 200 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Fig. UGO 28.0} \\ A = 0.0018 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \frac{L_e}{D_L} = \frac{19.657}{67} = 0.293 \\ \frac{D_L}{t_e} = \frac{67}{0.335} = 200 \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{Fig. UCS 28.2} \\ B = 9200 \end{array}$$

$$P_a = \frac{4 B}{3 \left(\frac{D_L}{t_e} \right)} = \frac{4 \times 9200}{3 \times 200} = 61 \text{ psi} > P = 15 \text{ psi}$$

$P_a \gg P$ O.K. La seccion conica no requiere refuerzo

Tapa tipo Semi - Elíptica (S.E. 2 : 1)

Nomenclatura:

$$P = 15 \text{ psi}$$

$$D_o = 15 \text{ psi}$$

$$R_o = 42.75 \text{ in}$$

$$t = 0.375 - 0.125 = 0.25 \text{ in}$$

$$E = 24'500,000 \text{ psi up } 700 \text{ }^{\circ}\text{F (Módulo de elasticidad)}$$

$$R_o = K_1 D_o \text{ de Tabla UG-37 } K_1 = 0.9$$

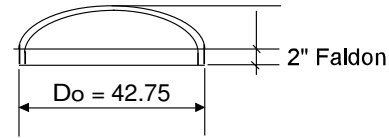
$$R_o = 0.9 \times 42.75 = 38.475 \text{ in}$$

$$A = \frac{0.125}{\left(\frac{R_o}{t}\right)} = \frac{0.125}{\left(\frac{38.475}{0.25}\right)} = 0.000812 \approx 0.0008$$

Con este valor de A entrar a Fig. UCS-28.2 y se obtiene B = 7600

$$P_a = \frac{B}{\left(\frac{R_o}{t}\right)} = \frac{7600}{\left(\frac{38.475}{0.25}\right)} = 49.3 \text{ psi} > \text{Pactuante} = 15 \text{ psi}$$

El espesor de la cabeza es el adecuado.



Cabeza inferior : (Presión exterior)

$$P = 15 \text{ psi}$$

$$D_o = 67 \text{ in}$$

$$t = 0.5 - 0.125 = 0.375 \text{ in espesor corrido}$$

$$E = \text{Módulo de elasticidad} = 24'500,000 \text{ psi up } 700 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$R_o = K_1 D_o \text{ de Tabla UG-37 } K_1 = 0.9$$

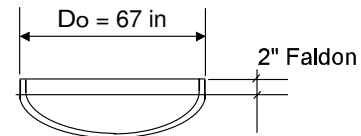
$$R_o = 0.9 \times 67 = 60.3 \text{ in}$$

$$A = \frac{0.125}{\left(\frac{R_o}{t}\right)} = \frac{0.125}{\left(\frac{60.3}{0.375}\right)} = 0.00078$$

Con este valor de A entrar a Fig. UCS-28.2 y se obtiene B = 7500

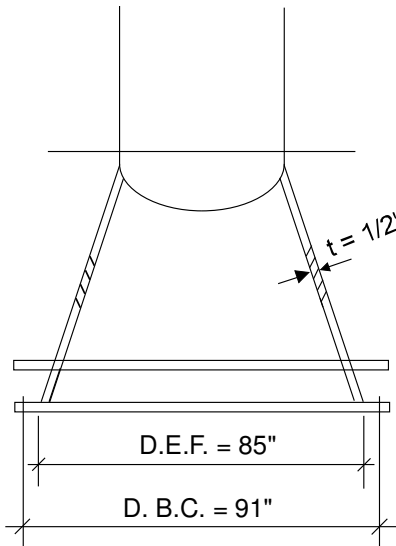
$$P_a = \frac{B}{\left(\frac{R_o}{t}\right)} = \frac{7500}{\left(\frac{60.3}{0.375}\right)} = 46.6 \text{ psi} > \text{Pactuante} = 15 \text{ psi}$$

El espesor de la cabeza es el adecuado.



Tapa tipo Semi - Elíptica (S.E. 2 : 1)

12.-Cálculo de placa base y anclajes.



$$\begin{aligned}
 \text{Peso propio recipiente} &= 8900 \text{ kg} \\
 \text{Peso de producto} &= 49500 \text{ kg} \\
 \text{Accesorios.} &= 1000 \text{ kg} \\
 \Sigma &= 59400 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$W_t = 130,800 \text{ Lb.} \quad \text{Hoja 6}$$

$$M_{\text{sismo}} = 957,500 \text{ ft-Lb.} \quad \text{Hoja 8}$$

D.E.F. = Diámetro Exterior Faldon.

D.B.C. = Diámetro del Círculo de Anclas.

Carga de tensión en cada ancla:

$$W_B = \frac{48 M}{N (D_{BC})} - \frac{W_t}{N}$$

Donde: M = Momento (ft-Lbs)

N = Número de anclas

D_{BC} = Diámetro del círculo de anclas

W_t = Peso total en la base

W_B = Carga de tensión en cada ancla

$$W_B = \frac{48 \times 957,500}{16 \times 91} - \frac{130,800}{16} = 23,390 \text{ lb}$$

$$W_B = 23390 \text{ lb}$$

Esfuerzo admisible = $S_B = 15,000 \text{ psi}$ ACERO A-36

$$A_B = \frac{W_B}{S_B} \quad A_B = \text{Área requerida (in}^2\text{)}$$

$$A_B = \frac{23,390}{15,000} = 1.56 \text{ in}^2 \longrightarrow \text{Se elige 16 anclas de Diámetro (1 1/2 + 1/4 Corrosion) = 1 3/4\"}$$

Calidad A -36

Calculo de Deflexion:

$\Delta_{\text{Max. perm.}} \leq 6$ in por cada 100 ft de altura

$$\Delta_M = \frac{P_w D_1 H (12 H)^3}{8 E I}$$

$$P_w = 70.9 \text{ psf}$$

$$D_1 = 5.5 \text{ ft}$$

$$E = 29'000,000 \text{ psi}$$

$$I = (33)^3 \pi (0.5) \text{ in}^4$$

Δ_M = Deflexion Maxima (Parte Superior), in

P_w = Presion de viento, psf

D_1 = Diametro torre, (ft)

E = Modulo de elasticidad, psi

H = Altura de la torre incluyendo faldon, (ft)

I = $R^3 \pi (t)$ Momento de inercia por espesor de envolvente cilindrico, (in⁴).

R = Radio medio de la torre, (in)

t = Espesor faldon, (in).

$$\Delta_{\text{Max. perm.}} = \frac{70.9 (5.5) (54) (12 \times 54)^3}{8 (29,000,000) (0.5) (33)^3 \pi} = 0.44 \text{ in}$$

$$\Delta_M = 0.437 \text{ in} \quad \text{Deflexion actuante.}$$

$$\Delta_{\text{Max perm.}} = \frac{6 \times 54}{100} = 3.24 \text{ in} > \Delta_M = 0.437 \text{ in}$$

La deflexion actuante es menor que la permisible.

∴ El espesor del faldon es satisfactorio.

13.-Anexos:

ASME SECCIÓN VIII DIV 1

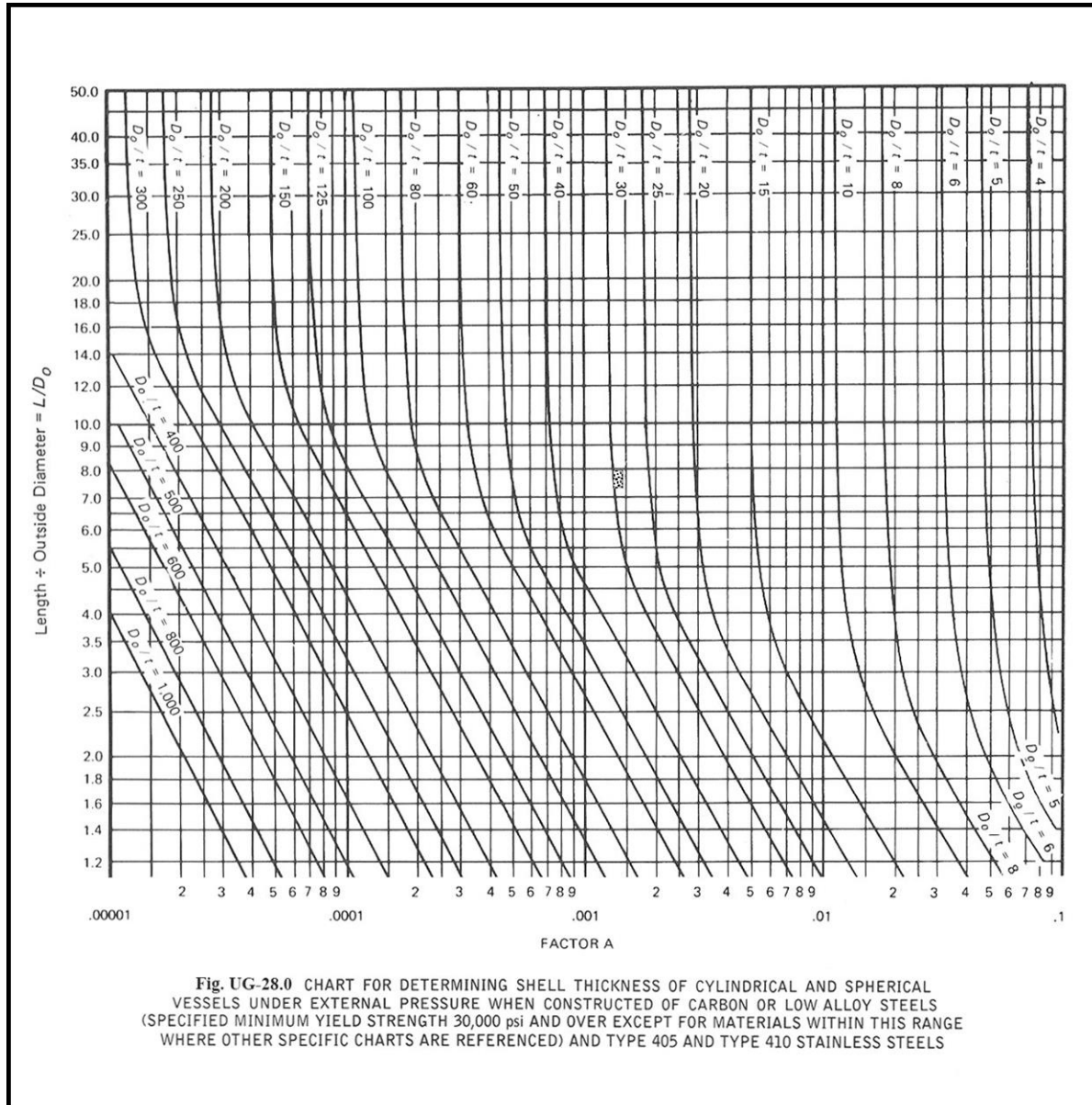
TABLE UCS-23 MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR CARBON AND LOW ALLOY STEEL (Caution: See UW-12 for vessels constructed under Part UW)							
Spec. No.	Grade	Nominal Composition	P-No.	Group No.	Notes	Specified Min. Yield, ksi	Specified Min. Tensile, ksi
Carbon Steel Plates and Sheets							
SA-36	. . .	C-Mn-Si	1	1	(1)(2)(3)(17)	36	58
SA-283	A	C	1	1	(1)(2)	24	45
	B	C	1	1	(1)(2)	27	50
	C	C	1	1	(1)(2)	30	55
	D	C	1	1	(1)(2)	33	60
SA-285	A	C	1	1	(3)(17)(22)	24	45
	B	C	1	1	(3)(17)(22)	27	50
	C	C	1	1	(3)(17)(22)	30	55
SA-299	. . .	C-Mn-Si	1	2	(17)	40/42	75
SA-414	A	C	1	1	(3)(17)	25	45
	B	C	1	1	(3)(17)	30	50
	C	C	1	1	(3)(17)	33	55
	D	C-Mn	1	1	(3)(17)	35	60
	E	C-Mn	1	1	(3)(17)	38	65
	F	C-Mn	1	2	(3)(17)	42	70
	G	C-Mn	1	2	(3)(17)	45	75
SA-442	55	C-Mn-Si	1	1	(17)	30	55
	60	C-Mn-Si	1	1	(17)	32	60
SA-455	Up to 0.375 in. incl.	C-Mn	1	2	(19)	38	75
	Over 0.375 in. to 0.580 in. incl.	C-Mn	1	2	(16)	37	73
	Over 0.580 in. to 0.750 in. incl.	C-Mn	1	2	. . .	35	70
SA-515	55	C-Si	1	1	(17)	30	55
	60	C-Si	1	1	(17)	32	60
	65	C-Si	1	1	(17)	35	65
	70	C-Si	1	2	(17)	38	70
SA-516	55	C-Si	1	1	(17)	30	55
	60	C-Mn-Si	1	1	(17)	32	60
	65	C-Mn-Si	1	1	(17)	35	65
	70	C-Mn-Si	1	2	(17)	38	70

ASME SECCIÓN VIII- DIV 1

TABLE UCS-23
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR CARBON AND LOW ALLOY STEEL
(Caution: See UW-12 for vessels constructed under Part UW)

Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temp., °F, Not Exceeding												Spec. No.	Ext. Press. Chart Fig. No.
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200		
Carbon Steel Plates and Sheets													
12.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-36	5-UCS-28.2
10.4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-283	5-UCS-28.1
11.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-283	
12.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-283	5-UCS-28.2
12.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-283	
11.3	11.0	10.3	9.0	7.8	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-285	5-UCS-28.1
12.5	12.1	11.2	9.6	8.1	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-285	5-UCS-28.1
13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-285	5-UCS-28.2
18.8	17.7	15.7	12.6	9.6	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	SA-299	5-UCS-28.3
11.3	11.0	10.3	9.0	7.8	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-414	5-UCS-28.1
12.5	12.1	11.2	9.6	8.1	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-414	5-UCS-28.2
13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	...	...	...	...	...	...
15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	...	...	...	...	...	...
16.2	15.5	13.8	11.4	8.9	6.5	...	...	...	...	...	...
17.5	16.6	14.7	12.0	9.2	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-414	5-UCS-28.3
18.8	17.7	15.7	12.6	9.6	6.5	...	...	...	...	...	...
13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	...	...	...	...	...	...	...	SA-442	5-UCS-28.2
15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	...	...	...	...	...	...	...
18.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-455	5-UCS-28.2
18.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
17.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	SA-515	5-UCS-28.2
15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...
16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...
17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...
13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	SA-516	5-UCS-28.2
15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...
16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...
17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...

ASME SECCIÓN VIII- DIV 1



ASME SECCIÓN VIII- DIV 1

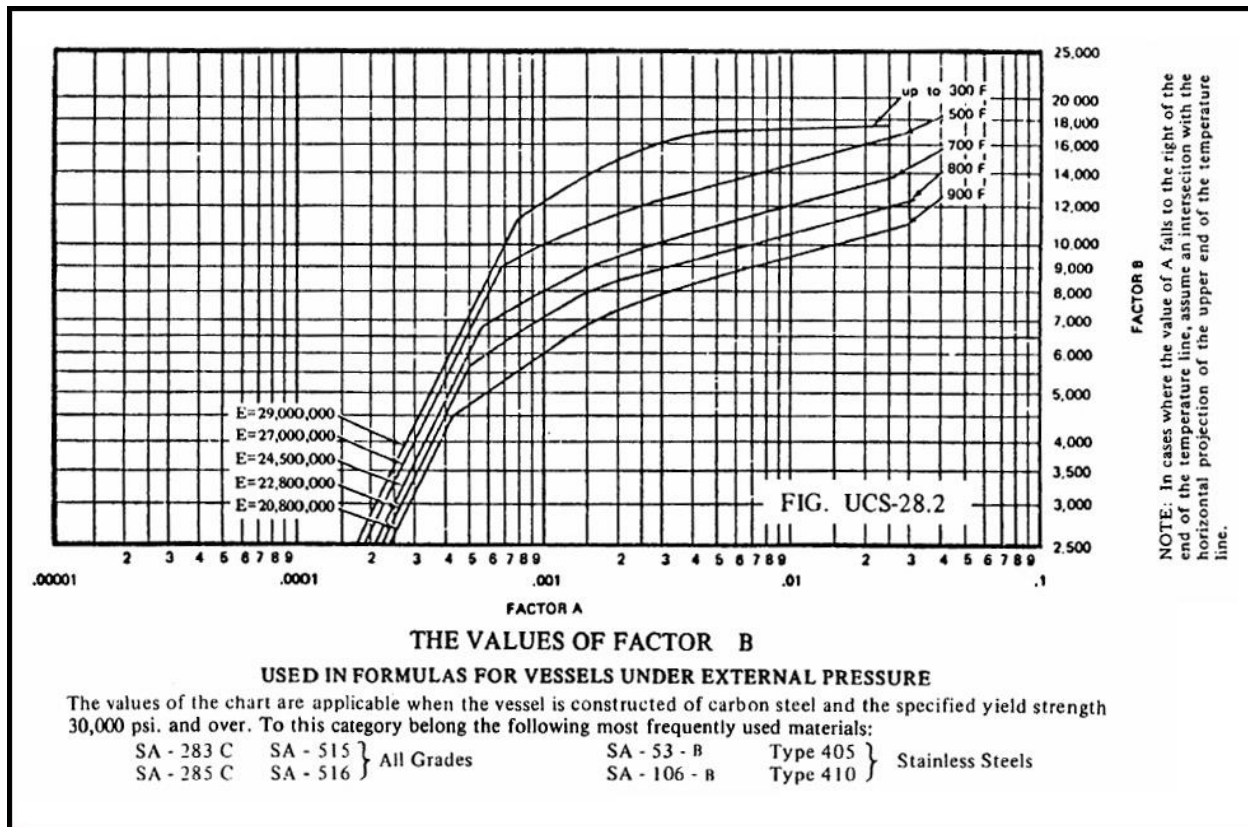


TABLE UG-37
VALUES OF SPHERICAL RADIUS FACTOR K_1
 Equivalent spherical radius = $K_1 D; D/2h = \text{axis ratio}$. For definitions, see 1-4(b). Interpolation permitted for intermediate values.

$D/2h$	. . .	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2
K_1	. . .	1.36	1.27	1.18	1.08	0.99
$D/2h$	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
K_1	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57	0.50

TABLA C

REINFORCEMENT AT THE JUNCTION OF CONE TO CYLINDER

At the junction of cone or conical section to cylinder (fig. A and B) due to bending and shear, discontinuity stresses are induced which are with reinforcement to be compensated.

When the value of Δ from tables C or D is less than α , reinforcement shall be provided. The area of metal which is in excess above the required area for the applicable loadings, may also be considered as reinforcement.

The formulas below provide for design of reinforcement.

TABLE C - VALUES OF Δ FOR JUNCTIONS AT THE LARGE END

P/SE	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009*
Δ , deg.	11	15	18	21	23	25	27	28.5	30

TABLE D - VALUES OF Δ FOR JUNCTIONS AT THE SMALL END

P/SE		0.002	0.005	0.010	0.020	0.040	0.080	0.100	0.125*
Δ , deg.		4	6	9	12.5	17.5	24	27	30

* $\Delta = 30$ deg. for greater value of P/SE

FIG. A

FIG. B

FORMULAS

JUNCTION AT THE LARGE END

Required area of reinforcement, A sq. in.

$$A = \frac{PR_L^2}{2SE} \left(1 - \frac{\Delta}{\alpha}\right) \tan \alpha$$

Area of excess metal available for reinforcement, A_e , sq. in.

$$A_e = 4t_e \sqrt{R_L t_s}$$

The distance from the junction within which the additional reinforcement shall be situated, in.

$$\sqrt{R_L t_s}$$

The distance from the junction within which the centroid of the reinforcement shall be situated, in.

$$0.5 \sqrt{R_L t_s}$$

JUNCTION AT THE SMALL END

Required area of reinforcement, A sq. in.

$$A = \frac{PR_s^2}{2SE} \left(1 - \frac{\Delta}{\alpha}\right) \tan \alpha$$

Area of excess metal available for reinforcement A_e , sq. in.

$$A_e = m \sqrt{R_s t_s} \left[t_s - \frac{t}{\cos \alpha} \right] + (t_s - t)$$

The distance from the junction within which the additional reinforcement shall be situated, in.

$$\sqrt{R_s t_s}$$

The distance from the junction within which the centroid of the reinforcement shall be situated, in.

$$0.5 \sqrt{R_s t_s}$$

NOTATION

α = Half apex angle of cone, deg.

Δ = Values from tables C and D

E = Lowest joint efficiency of the longitudinal joint in the shell or cone or of the joint in the reinforcement ring. For the large end of the reducer in compression, $E = 1$.

m = The smaller of

$$\frac{t_c \cos \alpha}{t} \cos(\alpha - \Delta) \quad \text{or} \quad \frac{t_s}{t} \cos(\alpha - \Delta)$$

P = Design pressure psi.

R_L = Inside radius of large cylinder, in.

R_s = Inside radius of small cylinder, in.

S = Maximum allowable stress value of material, psi.

t = Minimum required thickness of cylinder at the junction, in.




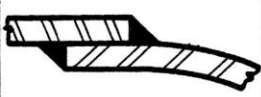


t_c = Actual thickness of cone at the junction, in.

t_s = Actual thickness of cylinder at the junction, in.

t_e = The smaller of $(t_s - t)$ or

$$t_c - \left(\frac{t}{\cos \alpha} \right)$$

EFICIENCIA EN JUNTAS

WELDED JOINTS				
TYPES CODE UW-12		JOINT EFFICIENCY, E		
		a. When the Joint:		
		Fully Radio- graphed	b. Spot Examined	c. Not Examined
1	 <p>Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surface.</p> <p>Backing strip if used shall be removed after completion of weld.</p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p>Single-welded butt joint with backing strip which remains in place after welding</p> <p>For circumferential joint only</p>	0.90	0.80	0.65
3	 <p>Single-welded butt joint without use of backing strip</p>	—	—	0.60
4	 <p>Double-full fillet lap joint</p>	—	—	0.55
5	 <p>Single-full fillet lap joint with plug welds</p>	—	—	0.50
6	 <p>Single full fillet lap joint without plug welds</p>	—	—	0.45

14.- Referencias:

- 1.- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII,
“Rules for Construction of Pressure Vessels Division 1”
The American Society of Mechanical Engineers, New York, N.Y. 1989
- 2.- AISC Committee on Specifications. (2005)
“Specification for Structural Steel Buildings, Allowable Stress Design”
American Institute of Steel Construction, Chicago Illinois 60601-1802
- 3.- International Code Council, Inc.
International Building Code 2006 (IBC)
“Structural Design Chapter 16 pp 277-325.
Country Club Hills, Illinois 60478-5795
- 4.- Paul Buthod and Eugene F. Megyesy (1981)
“Design and Construction of Pressure Vessels” pp 14 - 75
Pressure Vessel Handbook Publishing, Inc Tulsa, OK. 74135
- 5.- Henry H. Bednar, P.E. (1981)
“Design of Tall Cylindrical Self – Supporting Process Columns” pp 72- 119
Pressure Vessel Design Handbook, Van Nostrand Reinhold
- 6.- Kanti K. Mahanan. (1979)
“Design of Tall Stacks” Process Equipment (Selected Topics) pp 173- 191
Pressure Vessel Handbook, Publishing Inc. Tulsa, OK 7435
- 7.- Roger L. Brockenbrough e Frederick S. Merrit,
“Properties of Structural Steels and Effects of Steelmaking and fabrication” pp 1.1- 1.28
Structural Steel Designers Handbook Third Edition Mc. Graw Hill (1999)

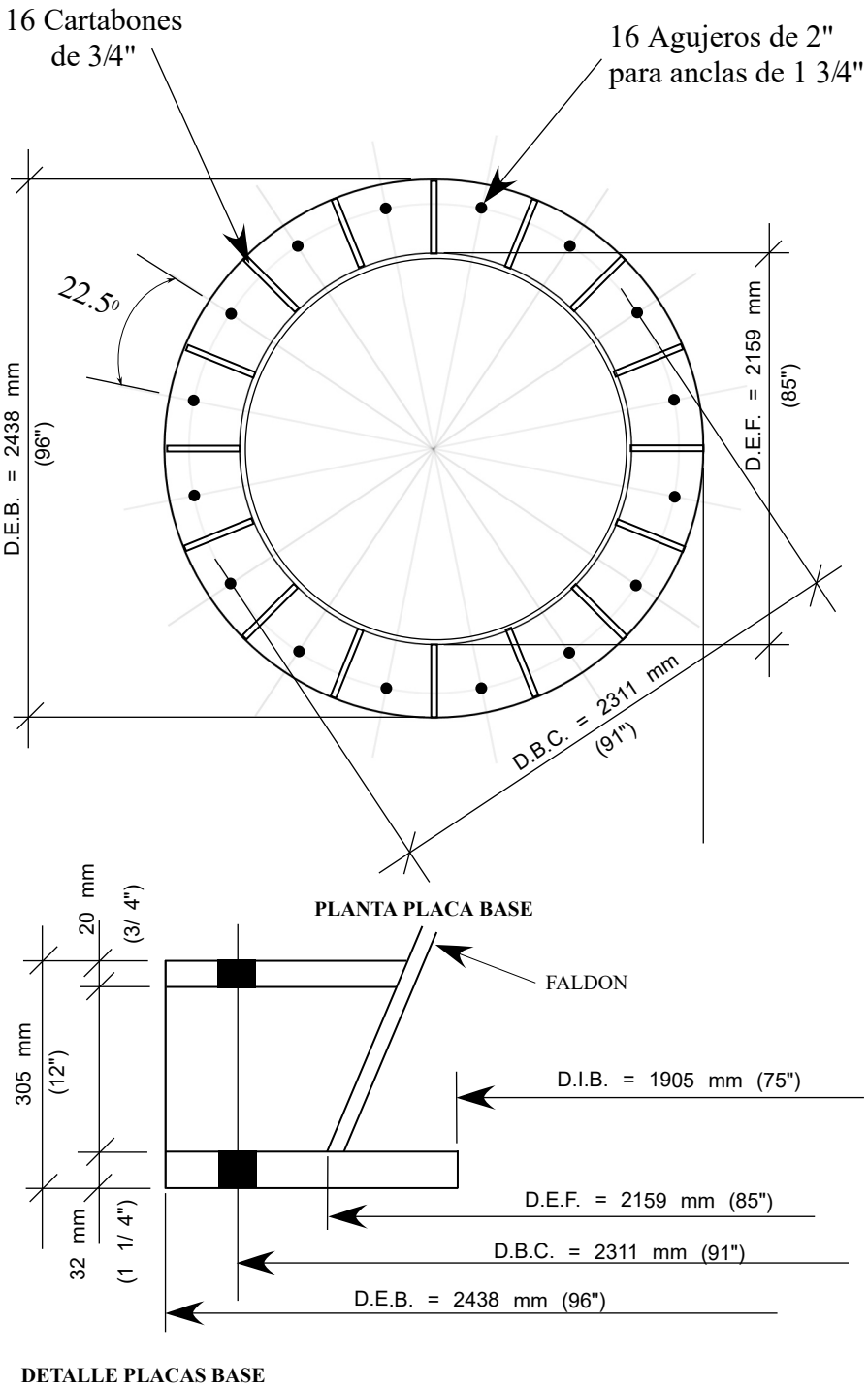
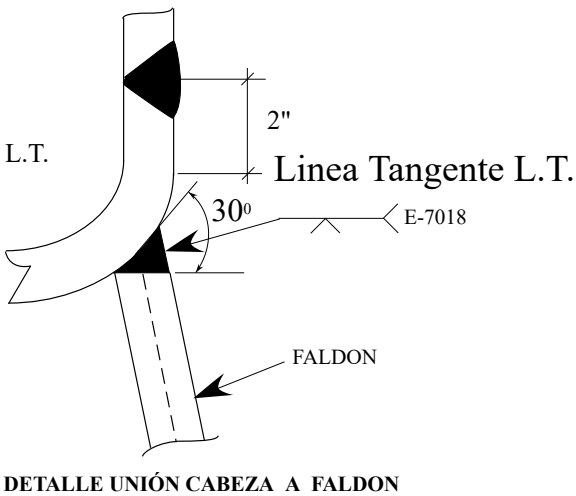
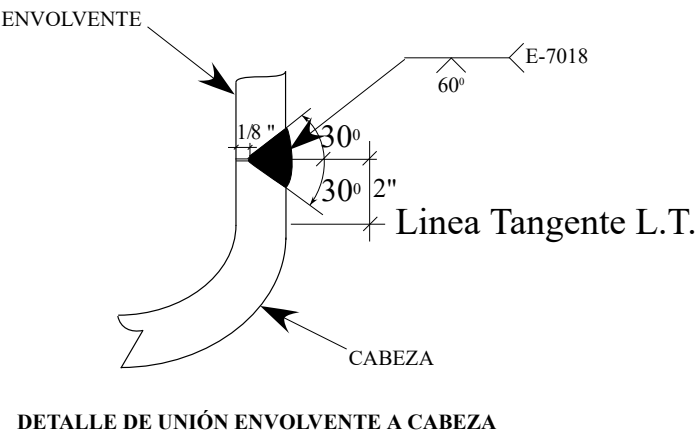
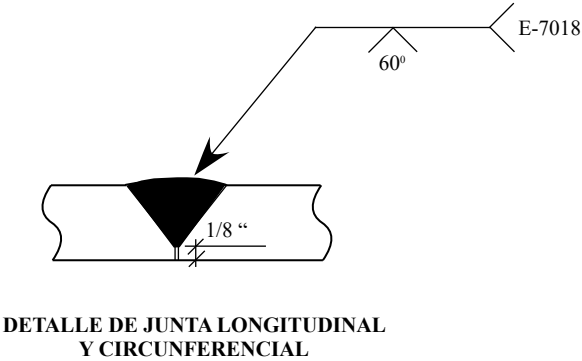
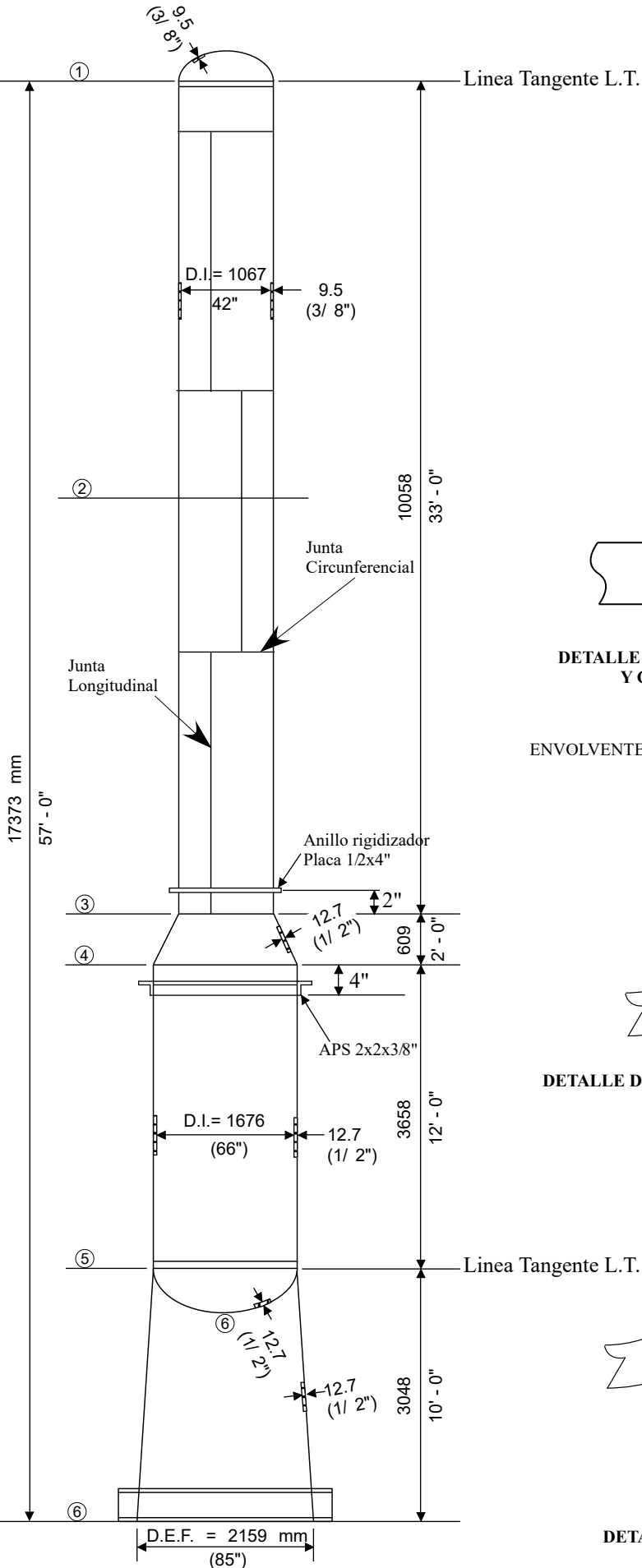
15.- Columna de Destilación:



DATOS DE OPERACION Y DISEÑO.

Temp. Operacion	= 536 °F
Temp. Dise o	= 571 °F
Presion Operacion	= 36 psi
Presion Dise o 36 + 30	= 66 psi
Vacio Absoluto	= 15 psi
Densidad	= 0.9
Corrosion	= 1/8"
Radiografiado	= 100 %
Presion minima de Prueba	= 1.5 (Presion de Dise o)
Tipo de Fluido:	Alquil-Fenol
Material Cuerpo:	SA 516-70
Material Faldon:	SA 283- C
Material Soldadura:	E- 7018
Material Placa Base y Cartabones:	SA -36
Material Anclas:	SA - 36
Zona Sismica:	3 UBC
Codigo de Diseno:	ASME SECCION VIII DIV 1

h_1	= 0.88 feet =	267 mm
h_2	= 14.88 feet =	4,534 mm
h_3	= 33.88 feet =	10,325 mm
h_4	= 35.88 feet =	10,934 mm
h_5	= 47.88 feet =	14,592 mm
h_6	= 48.75 feet =	14,859 mm



PLANO DE: Columna de Destilación	PROYECTO: Diseño Estructural de Columna de Destilación
CALCULO: JSB	REVISO: JSB
DIBUJO: JSB	APROBO: JSB
ESCALA: 1:50	No PLANO: C 01



Título de la Tesis:
 Diseño Estructural de
 Columna de Destilación
 Ing. Joaquín Sánchez Becerra
 Febrero 2017

